

## Energetische denkmalgerechte Sanierung von historischen Fenstern

**Autoren: Dagmar Exner, Franziska Haas, Alexandra Troi**

„Fenster sind die „Augen eines Hauses“ – sie haben einen wesentlichen Einfluss auf sein Erscheinungsbild. Historische Fenster mit feingliedrigen Gestaltungsdetails sind deshalb unbedingt zu erhalten, können aber jedoch energetisch optimiert werden. Ein denkmalgerechter Umgang mit Fenstern ist Teil der Sanierung eines historischen Gebäudes. Ziel ist es, das Erscheinungsbild eines Hauses und die historischen Fenster zu erhalten, gleichzeitig aber den Ansprüchen heutigen Wohnkomforts und der Energieeinsparung gerecht zu werden.“ [Aus dem Kurzinformativblatt: „Fenster & Denkmalschutz: energetisch sanieren oder denkmalgerecht nachbauen“ des Amtes für Bau- und Kunstdenkmäler]

Doch historische Fenster finden sich nicht nur in denkmalgeschützten Bauten. Während jeder Eingriff am Denkmal mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden muss, sollte auch bei den nicht unter Schutz stehenden historischen Konstruktionen, schon aus Gründen der Ressourcenschonung, der Erhalt im Mittelpunkt stehen. Gleichzeitig müssen die Fenster den Ansprüchen an den heutigen Wohnkomfort und Energieeffizienz gerecht werden, daher gilt es zwischen Erhalt von Substanz und Erscheinungsbild einerseits und Verbesserung der Energieeffizienz andererseits klug abzuwägen. Die Wahl zwischen der behutsamen Reparatur von Rahmen und Glas, der konstruktiven energetischen Optimierung mit unterschiedlichem Grad des Eingriffs in die Substanz oder einem Komplettaustausch mit Nachbildung kann dabei nur für den jeweiligen Einzelfall entschieden werden. Für eine nachhaltige Lösung ist es unumgänglich, thermische und hygrische Aspekte nicht nur zu bedenken, sondern auch entsprechende Nachweisverfahren zu führen, um langfristig Schäden zu vermeiden.

Nachdem Fenstersanierungslösungen zuerst im Überblick vorgestellt und bevor sie an zwei Beispielen verdeutlicht werden, wird es deshalb um Wärme und Feuchte gehen und wie diese am Fenster zusammenhängen.

### Fenstersanierungslösungen im Überblick

Im Folgenden sind mögliche Maßnahmen am Fenster systematisiert dargestellt und entsprechend ihrer Invasivität von keinem/geringem Eingriff bis hin zu einem tiefgreifenden Eingriff in Substanz und Erscheinung des Bauteils bewertet. Aus denkmalpflegerischer Sicht wird zudem das Hinzufügen und der Austausch von Bauteilen unterschieden. Die Lösungsansätze beziehen sich dabei auf die vier in Südtirol am häufigsten vorkommenden historischen Fenstertypologien: Einfach-, Verbund-, Kasten- und Winterfenster, da nicht jede Sanierungslösung für jede Typologie anwendbar ist.

1 A	Äußerliche Ertüchtigung	} Geringe Auswirkung auf das Erscheinungsbild
2 A	Einfügen eines Dichtungsbandes	
2 B	Aufbringen von Folien auf das Glas	
3 A	Austausch der inneren Verglasung (einschließlich Vakuum- und Isolierverglasung)	} Auswirkung auf das innere historische Erscheinungsbild
4 A	Ergänzen einer zusätzlichen Glasebene auf der Innenseite der Außenwand	
4 B	Hinzufügen einer Verglasung auf der Innenseite	} Auswirkung auf das äußere historische Erscheinungsbild
5 A	Hinzufügen einer weiteren Fensterebene (auf der Innenseite)	
5 B	Austausch der inneren Fensterflügel oder der inneren Fensterebene	
6 A	Austausch der äußeren Verglasung (einschließlich Vakuum- und Isolierverglasung)	} Auswirkung auf das gesamte Fenster
6 B	Ergänzen einer neuen Fensterebene (auf der Außenseite)	
6 C	Austausch der äußeren Fensterflügel oder der äußeren Fensterebene	
7 A	Austausch der Fensterkonstruktion mit einem Nachbau	
7 B	Austausch der Fensterkonstruktion	

Tabelle oben: Sanierungsmaßnahmen am Fenster entsprechend ihrer Invasivität

Für alle aufgeführten Maßnahmen gilt, dass die jeweilig erhaltenen Teile des Fensters entsprechend instandgesetzt werden müssen, um deren Dauerhaftigkeit zu garantieren. Die Instandsetzung und äußerliche Ertüchtigung umfasst

das Ausbessern kleinerer Fehlstellen und das Ersetzen von größeren schadhafte Stellen im Holz, sowie den Austausch oder die Reparatur schadhafte Gläser, die Erneuerung des Schutzanstrichs und ggf. das Erneuern von spröde und rissig gewordenen Kittfasen, sowie das Gangbarmachen und Justieren der Beschläge.

## Geringe Auswirkung auf das Erscheinungsbild

### 1A\_ Instandsetzung und äußerliche Ertüchtigung der Fenster

Diese Sanierungsmaßnahme beschränkt sich auf die oben genannten Erhaltungsmaßnahmen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit und greift nicht in die Fensterkonstruktion ein. Die bauphysikalischen bzw. thermischen Eigenschaften werden dadurch nicht verbessert.

### 2A\_ Einfügen eines Dichtungsbandes

Undichtigkeiten an Fenstern können sowohl innerhalb der Fensterkonstruktion sowie am Fenster-/Wandanschluss bestehen. Der ordnungsgemäße Wandanschluss ist immer zuerst sicherzustellen (siehe dazu unten). Bei der Abdichtung von Fenstern wird zwischen Einkleben und Einfräsen der Dichtung unterschieden. Beim Einfräsen werden ein oder mehrere Schlitze in den Fensterrahmen zwischen Stock- und Flügelrahmen eingefräst und Dichtungsbänder eingesetzt. Es wird der Einsatz einer hochwertigen Dichtung empfohlen, um auch bei leicht verzogenem Rahmen einen funktionierenden Verschluss zu gewährleisten. So werden durch Konvektion bedingte Wärmeverluste verringert und Zuglufterscheinungen unterdrückt, was sich positiv auf die Behaglichkeit im Raum auswirkt. Der U-Wert der Konstruktion wird mit dieser Maßnahme nicht verbessert, jedoch lässt sie sich in vielen Fällen gut in die historische Fensterkonstruktion integrieren, greift nur minimal in die Substanz ein und verändert das Erscheinungsbild kaum.



### 2B\_ Aufbringen von Folien auf das Glas

Folien werden eingesetzt, um vorhandene historische Gläser hinsichtlich bestehender Anforderungen an die Bruchsicherheit aufzuwerten. Durch eine nachträgliche Beschichtung des Bestandsglases mit Isolier- oder Wärmeschutzfolien können gleichzeitig die thermischen Eigenschaften verbessert werden. Je nach Folie kann es zu einer Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes des Fensters kommen (Färbung, Transparenz etc.).



## Auswirkung auf das innere historische Erscheinungsbild

### 3A\_ Austausch der inneren Verglasung

Diese Methode ist lediglich bei Konstruktionen mit mehreren hintereinander liegenden Fensterebenen, wie Verbund- oder Kastenfenstern, anwendbar. Die historische Fensterkonstruktion und die Verglasung der äußeren Fensterflügel bleibt erhalten und wird restauriert; die innere Verglasung wird durch Isolier-, Wärmeschutz- oder Vakuumverglasung ersetzt. Aus energetischer und ökonomischer Sicht ist es dabei vorteilhaft, auf Sprossen zu verzichten, jedoch nur wenn denkmalpflegerische Interessen nicht dagegensprechen. Da Isolierverglasungen einen größeren Querschnitt als Einfachverglasungen besitzen, muss dafür der Falz i.d.R. vergrößert bzw. der innere Rahmen in vielen Fällen an der Außenseite durch eine zusätzliche Holzleiste aufgedoppelt werden. Gleichzeitig wird

an der inneren Fensterebene ein Dichtungsband eingefügt (vgl. Lösung 2A). Der Wärmedurchgangskoeffizient des Glases (Ug-Wert) kann so deutlich verbessert werden, während das äußere historische Erscheinungsbild erhalten bleibt. Es muss sichergestellt sein, dass die vorhandenen Bänder das zusätzliche Gewicht der neuen Verglasung tragen können.



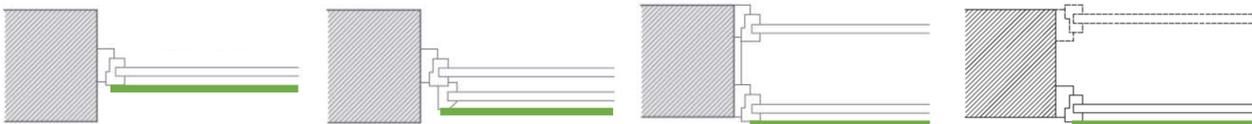
#### 4A\_ Ergänzen einer zusätzlichen Glasebene auf der Innenseite der Außenwand

Bei dieser Lösung wird an der Innenseite der Außenwände eine raumhohe Glasebene angebracht, die sowohl die Wände selbst als auch die Fenster bedeckt. Von außen ist diese kaum sichtbar. Die Lösung hat einen erheblichen Einfluss auf den U-Wert der Fenster und auf die Behaglichkeit. Eine Variante dieser Lösung ist die Trennung von nicht oder weniger beheizten Räumen mit historischen Fenstern (wie etwa ein Treppenhaus) mit einer zusätzlichen Glasebene.



#### 4B\_ Hinzufügen einer Vorverglasung auf der Innenseite

Dabei wird die vorhandene Verglasung nicht ersetzt, sondern es wird eine weitere Ebene mit Isolier-, Wärmeschutz- oder Vakuumverglasung auf der Innenseite des bestehenden Fensterflügels hinzugefügt. Die wärmetechnischen Eigenschaften werden damit durch die weitere Verglasung, und geringfügig auch durch die dabei entstehende Luftschicht zwischen den Verglasungen, verbessert. Die äußere historische Glasscheibe bleibt dabei erhalten. Beim Hinzufügen von Scheiben entsteht zusätzliches Gewicht, daher muss zunächst die Tragfähigkeit der vorhandenen Bänder geprüft werden. Sowohl visuell als auch konstruktiv von Vorteil ist der Einsatz eines möglichst dünnen und damit leichten Glases an der Innenseite des vorhandenen Rahmens der historischen Fensterkonstruktion. Um die Innenseite der äußeren Scheibe reinigen zu können, muss die zusätzliche Fensterkonstruktion geöffnet werden können, aus einem bestehenden Einfachfenster wird dadurch also eine Art Verbundfenster. Es gibt dafür industriell vorgefertigte Lösungen.



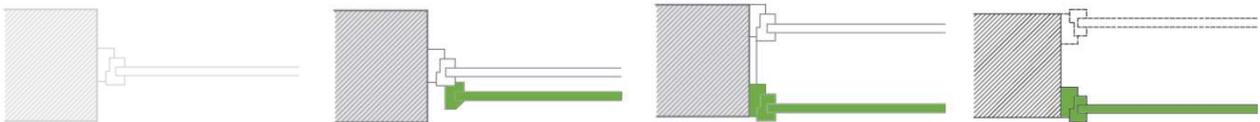
#### 5A\_ Hinzufügen einer weiteren Fensterebene auf der Innenseite

Diese Lösung ist lediglich bei Konstruktionen mit einer Fensterebene, wie Einfach- oder Verbundfenster, anwendbar. Hinter der historischen Fensterkonstruktion wird eine weitere Fensterebene installiert, bestehend aus einer Doppel- oder Dreifachverglasung. Das Einfachfenster wird so zu einer Art Kastenfenster erweitert, wobei die Fensterebenen nicht zwangsläufig miteinander verbunden werden müssen. Für die Anwendung dieser Sanierungsmethode sprechen insbesondere die gut herzustellende Dichtheit, die Vermeidung feuchteschutztechnischer Komplikationen bei fachgerechter Montage sowie die Möglichkeit die Wärmebrücke am Fenster-Wand-Anschluss zu verbessern. Die äußere, historische Fensterebene bleibt unterdessen nahezu unberührt und kann so erhalten werden.



## 5B\_ Austausch der inneren Fensterflügel oder der inneren Fensterebene

Diese Methode wird hauptsächlich bei Kastenfenstern, in seltenen Fällen auch bei Verbundfenstern angewandt. Die historische innere Fensterebene wird vollständig durch eine neue energieeffiziente Fensterkonstruktion ersetzt. Im Falle des Kastenfensters ermöglicht diese Lösung die Verbesserung der Wärmebrücke der Fenster-Wand-Verbindung durch Hinzufügen einer Dämmschicht in der Fensterlaibung.



**Auswirkung auf das äußere historische Erscheinungsbild**

## 6A\_ Austausch der äußeren Verglasung

Die äußere Verglasung wird in der Regel nur in Betracht gezogen, wenn die historische Verglasung beschädigt ist oder beispielsweise bestehende Normen den Einsatz von Sicherheitsglas vorsehen. Auch bei der Erhaltung von Einfachfenstern stellt der Austausch der Gläser eine mögliche Intervention dar, die die Energieeffizienz erheblich verbessern kann. Nach Entfernen des Fensterkitts wird eine neue Isolier- oder Wärmeschutzverglasung eingesetzt. Besondere Sensibilität muss dabei auf die Auswahl der neuen Gläser gelegt werden, um sowohl visuellen als auch konstruktiven Ansprüchen zu genügen. Bestehende Rahmen, Sprossen, Kämpfer und Oberlichter sollten erhalten bleiben und instandgesetzt werden. Im Fall des Verbundfensters ist auch der Einbau einer Dreifachverglasung anstelle der beiden Einzelverglasungen möglich, die beiden Fensterflügel werden dann dauerhaft miteinander verbunden.



## 6B\_ Ergänzen einer neuen Fensterebene auf der Außenseite

Eine neue Fensterebene (vgl. Lösung 5A) wird dabei an der Außenseite des bestehenden Fensters hinzugefügt. Diese Lösung bildet im historischen Kontext eher eine Ausnahme und wird vor allem dann angewandt, wenn die Erhaltung des inneren Erscheinungsbildes wichtiger ist als das der äußeren Fassade. Der Lösung der bauphysikalischen Anforderungen muss hier besondere Beachtung geschenkt werden



## 6C\_ Austausch der äußeren Fensterflügel oder der äußeren Fensterebene

Der Ersatz der äußeren, historischen Fensterebene durch eine neue Konstruktion wird nur in Einzelfällen empfohlen (vgl. Lösung 5B). Abgesehen davon, dass dies einen erheblichen Eingriff in die Substanz darstellt, kann bei sensibler Planung die Veränderung des äußeren Erscheinungsbildes minimiert werden.



## Auswirkung auf das gesamte Fenster

### 7A\_ Austausch der Fensterkonstruktion mit Orientierung am historischen Bestand

Sollte eine Instandsetzung der historischen Fensterkonstruktion aufgrund großer Schäden nicht möglich oder nur durch unverhältnismäßig hohen Aufwand erreichbar sein oder bestehen von denkmalpflegerischer Seite keine Anforderungen an deren Erhaltung, kann auch der Austausch der gesamten Fensterkonstruktion in Betracht gezogen werden. Das neue Fenster sollte sich dabei am historischen Vorbild orientieren und diesem in seiner materiellen, konstruktiven und ästhetischen Qualität möglichst entsprechen. Sowohl die Proportionen, Ansichtsbreiten des Rahmens, die Anzahl und Form der Oberlichter, Sprossen und Kämpfer als auch das Material und die Oberflächenbehandlung und sonstige gestalterische Eigenschaften müssen bei der Neugestaltung mitberücksichtigt werden. Durch den Einsatz energieeffizienter Verglasung und ggf. eine energieeffizientere Bauweise des Rahmens können die Wärmeverluste deutlich reduziert werden, so dass das neue Fenster dem heutigen Standard entspricht.



### 7B\_ Austausch der Fensterkonstruktion ohne Orientierung am Bestand

Vorhandene Fenster werden dabei durch neue, meist industriell gefertigte Fenster, ersetzt. Dies sollte aber nur der Fall sein, wenn die vorhandene Fensterkonstruktion keinerlei Erhaltungswert besitzt. Die neuen Fenster können in ihrer Gestaltung durchaus erheblich von historischen Vorbildern abweichen, sollten sich dabei aber trotzdem durch einen hohen Gestaltungsanspruch auszeichnen. Die neuen Fenster sind in der Regel deutlich energieeffizienter und besitzen typischerweise einen um 70-80% verbesserten U-Wert, was den Austausch auch aus Sicht der Ressourcenschonung mitunter rechtfertigt.



## Bauphysikalische Aspekte der Fenstersanierung und Planungshinweise

Die Instandsetzung und Sanierung historischer Fenster und damit in aller Regel auch die Verbesserung der Luftdichtheit führt zu einer Eindämmung von Transmissions- und unkontrollierten Lüftungswärmeverlusten und wirkt sich daher positiv auf die Behaglichkeit sowie auf den Energieverbrauch aus. Gleichzeitig muss darauf geachtet werden, dass durch den Eingriff keine Schäden am Bau provoziert werden. Um Schimmelpilzbildung in den Laibungsflächen oder an den Kittfalzen zu vermeiden, ist eine gute Kenntnis der bauphysikalischen Wirkmechanismen am Fenster nötig.

### Wärmebrücke Einbau

In historischen Gebäuden ist das Fenster meist eine thermische Schwachstelle, was im Winter - je nach Außentemperatur und Feuchteaufkommen im Innenraum - regelmäßig zu Kondensatausfall an der Innenseite der

Fensterscheibe führt. Oft sind an den historischen Fenstern daher auch Vorrichtungen zum Sammeln und Abfließen des Tauwassers zu finden, wie Rinnen oder Schublatten unterhalb der Fensterkonstruktion.

Werden bei einer Fenstersanierung besser isolierende Glasscheiben eingesetzt, sinken nicht nur die Wärmeverluste, sondern fällt auch - durch die höheren Oberflächentemperaturen am Glas – kein oder deutlich weniger Kondensat aus. Gleichzeitig vermeiden die wärmeren Oberflächen Zugerscheinungen (die kalte Luft „fällt“ nicht am Fenster herab), es wird im Raum also behaglicher. Ebenso wirkt sich die Verbesserung der Luftdichtheit durch eingebrachte Dichtungen am Fenster selbst und im Anschluss an die Wand positiv auf die Energiebilanz und Behaglichkeit durch die Vermeidung des Einströmens kalter Luft aus.

In einem modernen Haushalt fällt, beispielsweise durch tägliches Duschen, gemeinhin entschieden mehr Feuchtigkeit an, als dies bei traditioneller Nutzung der Fall war. In Anbetracht des beschriebenen geringeren Luftaustauschs und der Tatsache, dass in einem modernen Haushalt mehr Feuchtigkeit anfällt, gilt es daher im Zusammenhang mit der Fenstersanierung das Augenmerk auf Wärmebrücken im Bereich des Fensters zu richten. Dies gilt insbesondere für die Anschlussstellen in den Laibungen oder den Bereich der Brüstung, gerade wenn die Fenstersanierung nicht mit der Dämmung der Außenwand einhergeht. Es wird daher empfohlen, die konstruktiven Details genau zu planen und auf deren akkurate Ausführung zu achten, sowie, entsprechend der geltenden Normen, mithilfe von Wärmebrückenberechnungen kritische Oberflächentemperaturen auszuschließen. Um ein Anheben der Oberflächentemperatur auf kritischen Flächen zu erreichen, kann eine Maßnahme die partielle Dämmung im Laibung-/Brüstungsbereich z. B. mit einer dünnen Schicht Dämmputz (siehe Abbildung) oder angepasste (natürliche) Lüftungsstrategien sein.

**Optimierung Fenster-Wand-Anschluss (seitlich) --- Chromatherm**

**Horizontalanschluss seitlich Fenster-Natursteinmauer**

Detail	Bestehender Fenster-Wand-Anschluss	Verbesserung	Weitere Verbesserung
Horizontalanschluss Fenster-Wand			
Maßnahme	Austausch Fenster, ohne weitere Maßnahmen	+ 4 cm Dämmputz $\lambda$ 0,057 W/mK + 0-2 cm keilförmig in der Laibung	+ Dämmung im Hohlraum $\lambda$ 0,043 seitlich hinter dem bestehenden Putz
$T_{min}$	12.5°C (< 12.6°C)	14.2 (> 12.6°C)	14.6 (> 12.6°C)
$f_{Rsi}$	0.580 (< 0.587)	0.629 (> 0.587)	0.630 (> 0.587)
Ergebnis	Anforderungen nicht erfüllt. Gefahr von Tauwasser-/Schimmelbildung*	Anforderungen erfüllt. Keine Gefahr von Tauwasser-/Schimmelbildung*	Anforderungen erfüllt. Keine Gefahr von Tauwasser-/Schimmelbildung*

\* siehe Schimmelisotherm in grün bei 12,6°C; gemäß Klimahaus Anforderungen

Abbildungen oben: Optimierung der Wärmebrücke am Fensterwandanschluss (rechts).

Aus Gründen der Schadensfreiheit gilt es des Weiteren unbedingt auf die fachgerechte luftdichte Ausführung der Anbindung des Fensters an die Wand zu achten, um das Einströmen von Raumluft in die Konstruktion und damit eines möglichen Kondensatanfalls im Bauteil zu vermeiden!

Im speziellen Fall der mehrschichtigen Fenster, wie Kasten- oder Winterfenster, gilt es das Feuchteverhalten im Scheibenzwischenraum zu beachten. Im häufig vorkommenden Fall des Austauschs der inneren Scheiben, muss die

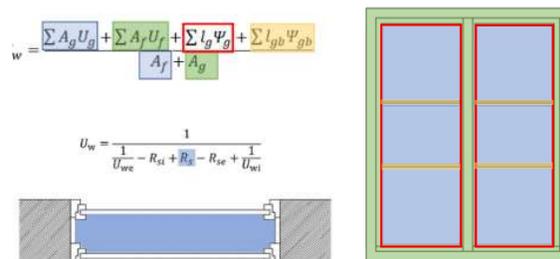
luftdichte Ebene (umlaufende Dichtung) an der inneren Fensterebene liegen um ein Einströmen der warmen Raumluft in den Zwischenraum und einen Kondensatanfall an den äußeren Scheiben zu vermeiden.

## Wovon hängt es ab wie gut ein Fenster dämmt, wie gut sein $U_w$ -Wert ist?

Der Wärmedurchgang eines Fensters hängt vom Wärmedurchgang an den einzelnen Bauteilen und deren Anteil an der Gesamtfläche ab. Der  $U_w$ -Wert des Fensters ergibt sich aus allen diesen Anteilen: dem Wärmedurchgang durch die Verglasung  $A_g \times U_g$  (wofür deren U-Wert mit der Fläche multipliziert wird), dem Wärmedurchgang durch den Rahmen  $A_r \times U_r$  und dem Wärmestrom über die Wärmebrücken am Glasrand und an den Sprossen, deren  $\psi$ -Werte mit den entsprechenden Längen multipliziert werden.

Für die Entwicklung individueller Sanierungslösungen ist es daher unerlässlich, diese Bauteile, vom Rahmen über die Glasflächen bis hin zu den Sprossen im Einzelnen zu betrachten, um zu verstehen wo die Lösung ansetzen kann und um den Einfluss der Maßnahme auf die Gesamtenergieeffizienz des Fensters zu quantifizieren.

- Fläche Verglasung
- Fläche Rahmen
- Gesamtumfang der Verglasung
- Gesamtlänge der Sprossen
- Gesamtumfang Einbau
- (Einbau)



Bei Verbund- und Kastenfenster:  
zwei Ebenen + Zwischenraum

Abbildung oben:  $U_w$ -Wertberechnung

## U-Werte verschiedener Fenstertypologien und Sanierungslösungen:

	Einfachfenster			Verbundfenster	Kastenfenster (Abstand 150 mm)			
	Einfach- verglasung	Vorsatz- scheibe beschichtet	Sonder- Isolierglas	Jeweils Einfach- verglasung	Jeweils Einfach- verglasung	Beschichtete Scheibe (innen)	Isolier- verglasung (innen)	Dreifach- verglasung (innen)
Vergl. Lösung	Nr. 6 Nr. 9				Nr. 3		Nr. 4	Nr. 4
Scheibenaufbau [mm]	3	3-15Lu-4	3-4Kr-3	3-30Lu-4	3;4	3;4	3;4-12-4	3;4-12-4- 12-4
Ug-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	5.7	2.1	1.9	2.8	2.8	2.2	1.1	0.7
Uw-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	4.8	2.1	2.2	2.6	2.4	1.9	1.3	1.1

Quelle: Holzfenster im Baudenkmal. Arbeitshefte der VDL, Arbeitsgruppe Bautechnik 2017

Tabelle x: U-Werte verschiedener Fenstertypologien und Sanierungsmaßnahmen

Historische Kastenfenster haben unsaniert bereits einen  $U_w$ -Wert um die 2.4 W/m<sup>2</sup>K, Verbundfenster um die 2.6 W/m<sup>2</sup>K, Fenster mit frühen Isolierverglasungen einen  $U_w$ -Wert von rund 1.7 W/m<sup>2</sup>K. Die Tabelle zeigt, dass die Ergänzung einer zweiten Fensterebene den Wärmedurchgang wesentlich verbessern kann und dass man mit dem Einbau von Mehrfachgläsern (in eine der Fensterebenen) annähernd einen  $U_w$ -Wert von heute gängigen neuen Fenstern erhält.

## Energiebilanz Fenster

Die solaren Gewinne, durch Sonneneinstrahlung auf die Oberfläche und durch das transparente Bauteil spielen beim  $U_w$ -Wert keine Rolle. Sie kommen bei der Energiebilanz beim Gebäude ins Spiel und führen dazu, dass die Gesamtbilanz nach Süden bei einem gut wärmedämmenden Fenster durchaus positiv sein kann, während bei Einfachverglasung hingegen die Verluste größer als die Gewinne bleiben. Ebenfalls in die Energiebilanz und nicht in den  $U_w$ -Wert des Fensters geht dessen Luftdichtigkeit ein: schon mit relative wenig invasiven Maßnahmen wie dem Reparieren der Beschläge, und dem Einkleben oder -fräsen von Dichtungsbändern verringern sich die Lüftungswärmeverluste beträchtlich!

## Energiebilanz am Gebäude

Allgemein gilt: Fenster sind nur EIN Teil des Gebäudes. Bestenfalls sollten deshalb nicht Einzelmaßnahmen am Fenster vorgesehen werden, sondern ein nachhaltiges Energiekonzept für das gesamte Gebäude oder zumindest für die Fenster im Zusammenspiel mit der Gebäudehülle entwickelt werden. Die Sanierungsplanung der Fenster sollten daher immer mit einer Gesamtplanung und bestenfalls mit dem Einsatz einer (Innen)dämmung der opaken Gebäudehülle einhergehen. Generell gilt es zwei Aspekte bei der Sanierungsplanung zu beachten: (i) Wie groß ist der Einfluss der Fenster auf die Gesamt-Energiebilanz? (ii) Wie kann eine angepasste Nutzung minimale Eingriffe vertretbar machen?